

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ІМПУЛЬСНОГО ОПРОМІНЕННЯ ШКІРНИХ ПАТОЛОГІЙ ІЗ КОНТРОЛЕМ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, E-mail: Vmp@tu.edu.te.ua

Анотація. Досліджуються методи та механізми проходження випромінювання крізь біооб'єкт та встановлено залежності оптичних параметрів лікувального опромінення в процесі фотофотолізу. Вибрана модель і сформульовано критерії для оперативного контролю параметрів з метою підвищення ефективності його застосування. Проведено імітаційне моделювання та дослідження взаємодії із біооб'єктом керованого оптичного випромінювання.

Ключові слова: моделювання біологічних процесів, оптико-електронні пристрої, оптичні методи контролю, регулювання динамічним випромінюванням.

R.A. TKACHUK, V.I. KUZ

## SIMULATION OF DYNAMIC PULSE IRRADIATION CUTANEOUS PATHOLOGIES OF CONTROL PARAMETERS

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, E-mail: Vmp@tu.edu.te.ua

Abstract. We investigate methods and mechanisms of radiation passing through the biological objects and dependencies of optical parameters of therapeutic radiation during fotofotolizu. The selected model and formulated criteria for operational control parameters to improve the efficiency of its use. A simulation study of interaction and biological objects with controlled optical radiation.

Keywords: modeling of biological processes, optoelectronic devices, optical methods for controlled dynamic radiation.

Неінвазивна медицина в останні роки набуває широкого застосування, особливо, технології біологічної дії ультрафіолетового випромінювання із використанням нових оптико - електронних пристроїв (ОЕП). Впровадження цих технологій передбачає опромінення ділянки пошкодженої шкіри біооб'єкта (БО) й зумовлена властивістю молекул речовин, що входять до складу клітин живих організмів, поглинати кванти випромінювання та спричиняти фотохімічні реакції, які змінюють їхню структуру і функції [1-3]. Для керування процесом випромінювання ультрафіолету при діагностиці та лікуванні необхідно враховувати стан БО до і в процесі лікування різних захворювань шкіри (екзем, псоріазу, фототерапії пухлин тощо). Лікувальна дія залежить від довжини хвилі, інтенсивності, тривалості, локалізації площі опромінення, повторюваності процедур, а також від чутливості і реакції організму. Відомо, що в неконтрольованих випадках може спостерігатися сенсibiliзоване пошкодження нуклеїнових кислот, білків та ліпідів, порушення енергетичного обміну клітин за рахунок фотохімічного руйнування окремих компонентів, що в свою чергу потребує оперативного врахування реакції організму.

Розвиток цих технологій потребує удосконалення пристроїв опромінення із впровадженням контролю параметрів процесу й оцінюванням дози впливу на БО при лікуванні псоріазу та інших захворювань шкіри [3]. Оцінювання енергії поглинання ультрафіолету в діапазоні А (320 - 400 нм) та контролю змін патологічної поверхні БО із визначенням геометричних параметрів, динамічною зміною розсіювання та поглинання, що потребує оперативної корекції інтенсивності потоку падаючої хвилі. На основі математичного і фізичного моделювання для прогностичності контролю проведення процесу, запропоновано імпульсне опромінення поверхні БО. Розроблені алгоритми оптимального керування із врахуванням стану поверхні при неперервному контролі параметрів та взаємодії світлового потоку з аномаліями шкіри. Використання світлодіодних матриць для оптико - електронних пристроїв (ОЕП) динамічного опромінювання забезпечують проведення фотомедичних технологій в діапазоні довжин хвиль (320 - 400) нм. Вони володіють вищим коефіцієнтом корисної дії і можливістю просторового розподілу енергії для вибраного випромінювання в малих площинах опромінення при зміні її кривизни. Важливим є те, що такі ОЕП характеризуються незначною величиною робочої напруги та потужності (для світлодіодів

серії Bio - UV LED: 5.5 - 7.5 В, 30 - 60 мкВт), малою інерційністю і надійною роботою в імпульсному режимі, забезпечують динамічне керування випромінюванням в заданому діапазоні енергетичних та часових параметрів.

Для процесу опромінення шкіри в імпульсному режимі значення відбитої енергії від БО моделюється функцією, що є розв'язком лінійного неоднорідного диференціального рівняння 2-го порядку[4], яке у просторі змінних стану набуває такого вигляду:

$$\begin{cases} Y_{n+1} = AY_n + B\Xi_n, \\ X_n = CY_n + D\Xi_n + \eta_n, \end{cases} \quad (1)$$

де у термінах калманівської фільтрації:

$Y_n$  — вектор стану БО,

$\Xi_n$  — вектор входу (параметри опромінення),

$A$  — матриця стану БО,

$B$  — матриця входу (енергія імпульсного опромінення на основі апріорних даних),

$C$  — матриця виходу (відбита енергія від БО),

$D$  — матриця впливу параметрів входу на зміну параметрів матриці виходу.

За методом калманівської фільтрації про опромінення БО та отримані значення енергії від поверхні опромінення, значень автокореляційної та взаємкореляційної функцій шумів, періодично рекурсивною процедурою визначають матриці, за допомогою яких оцінюють змінні стану та їх дисперсії. Отримані результати служать для розроблення алгоритмів і побудови динамічної системи керування опроміненням шкіри людини в залежності від її попереднього стану.

Створена система керування ОЕП із використанням Embedded Microcontroller Board дозволяє оператору спостерігати за проведенням сеансу БО та приймати правильні рішення щодо корегування режимів опромінення в інтерактивному і автоматичному режимі в залежності від оцінювання ефективності процесу під час його проведення та виявлених змін стану пошкодженої шкіри для окремого пацієнта.

Удосконалено систему керування динамікою програмованих змін амплітудних, просторових і спектральних характеристик випромінювання ОЕП для забезпечення роботи фотостимуляційних імпульсних режимів опромінення БО, що забезпечує достовірність контролю пошкодженої шкіри. На основі математичної моделі поширення оптичного випромінювання в БО та відбиття від поразеної поверхні, встановлено вимоги щодо вибору оптимальних параметрів, які визначають характеристики розроблюваної матриці ОЕП й оцінювання стану поверхні опромінення зі змінною кривизною, що враховано при розробленні алгоритму контролю для ефективного опромінення.

## Література

1. Круковская Л.П. Ультрафиолетовое излучение - его биологическая воздействие, приемники: Методическое пособие. – СПб.: СПбТПУ, 2009. –26 с.
2. Photobiology: The science of life and light / Lars Olof Bjorm. – 2-nd edition. Lund: Springer. 2010. – 695 p.
3. Івах М.С. Розроблення медичних оптико-електронних пристроїв динамічного випромінювання, контролю та корекції фотоферезу /автореф. дис... канд. техн. наук // – Львів, 2012. – 22 с.
4. Робулова Б.М. Опромінення шкіри людини із безперервним контролем та регулюванням параметрів процесу / Робулова Б.М., Кузь В.І., Ткачук Р.А. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – №1 (46). –2014. – С. 145–149.

## References

- 1.1 Krukovskaya LP Ultrafioletovoe radiation - ego byolohycheskaya Impact , receiver : Metodycheskoe Textbook . - St. Petersburg. : SPbTPU , 2009. -26 S.
2. 2. Photobiology: The science of life and light / Lars Olof Bjorm. - 2 -nd edition. Lund: Springer. , 2010. - 695 p.
3. Ivakhiv MS Development medical optoelectronic devices dynamic radiation monitoring and correction fotoferezu / Thesis. di ... candidate. Sc. Science // - Lviv , 2012. - 22 p.
4. Robulova BM Irradiation of human skin bezperevny control and adjustment of process parameters / Robulova BM, VI Kuz , Tkachuk R. // Measuring and computing in industrial processes. - № 1 ( 46). -2014 . - P. 145-149 .